

OPTIMASI TORREFAKSI DAN PENAMBAHAN ZEOLIT UNTUK PENINGKATAN KUALITAS BIOPELET SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

¹Daifir Rohman Nurdiansyah, ²Mokh. Hairul Bahri, ³Rohimatus Shofiyah

¹Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Jember
daifirrohman2001@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Jember
mhairulbahri@unmuhiember.ac.id

³Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Jember
rshofiyah@unmuhiember.ac.id

Article history:

Received 3th of June 2025

Revised 11th of June 2025

Accepted 17th of June 2025

Abstract

The global energy crisis necessitates the development of sustainable alternative fuels, one of which is biomass-based biopellets. Rice husks, an abundant agricultural waste, have significant potential for conversion into biopellets; however, their high moisture content can hinder combustion efficiency and storage. This study aims to evaluate the effects of torrefaction at 300°C and the addition of natural zeolite as an adsorbent on the quality of the resulting biopellets. The experimental method involves variations in rice husk particle size (60 mesh and 80 mesh) and zeolite concentrations of 0 g, 2.5 g, 5 g, and 7.5 g. The key parameters analyzed include moisture content and calorific value, measured using the gravimetric method and bomb calorimeter, respectively. The results show that torrefaction effectively reduces biopellet moisture content, with samples containing higher zeolite levels exhibiting lower moisture content. Meanwhile, calorific value decreases as zeolite concentration increases, likely due to changes in porosity and energy density. These findings highlight the need to balance moisture content and calorific value in biopellet formulation to optimize combustion performance and storage, offering promising potential for the development of renewable fuel from agricultural waste.

Keywords: Biopellet, Calorific Value, Moisture Content, Rice Husk, Torrefaction, Zeolite.

Pendahuluan

Krisis energi global akibat keterbatasan bahan bakar fosil mendorong pencarian sumber energi alternatif yang berkelanjutan [1], [2]. Biomassa menjadi salah satu pilihan utama karena sifatnya yang dapat diperbarui dan ketersediaannya yang melimpah, terutama limbah pertanian seperti sekam padi [3], [4]. Sekam padi dapat dikonversi menjadi biopellet yang memiliki densitas tinggi dan efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan biomassa mentah [5], [6].

Untuk meningkatkan kualitas biopellet, diterapkan torrefaksi, yaitu pemanasan biomassa pada temperatur 200–300°C dalam atmosfer inert guna menurunkan kadar air dan meningkatkan nilai kalor [7], [8]. Selain itu, penambahan zeolit alam berperan dalam memperbaiki struktur biopellet serta mengoptimalkan pembakaran dan penyimpanan energi [7], [9], [10].

[11] menunjukkan bahwa campuran sekam padi, zeolit, dan tepung tapioka menghasilkan biopellet berkualitas tinggi dengan kadar air rendah. Sementara itu [12] dan [13] mengungkap bahwa torrefaksi pada temperatur optimal berkontribusi pada stabilitas bahan dan efektivitas pembakaran. [14] serta [15] juga menegaskan bahwa karakteristik biopellet sangat dipengaruhi oleh metode pengolahan dan komposisi bahan baku.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh torrefaksi pada temperatur 300°C terhadap kadar air dan nilai kalor biopellet sekam padi, serta menentukan formulasi optimal dengan penambahan zeolit alam sebagai bahan aditif. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa yang efisien dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk mengolah sekam padi menjadi biopellet melalui proses torrefaksi pada temperatur 300°C. Seluruh tahapan dilakukan secara sistematis mulai dari persiapan bahan baku hingga pengujian mutu produk akhir. Parameter utama yang dievaluasi mencakup kadar air dan nilai kalor biopellet, yang diukur secara kuantitatif guna menentukan kualitas bahan bakar alternatif dari limbah pertanian.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Sekam padi (dengan dua ukuran, yaitu 60 mesh dan 80 mesh)
2. Tepung tapioka (7,5 gram, sebagai perekat)
3. Zeolit alam (100 mesh, dengan variasi jumlah untuk menguji pengaruhnya)
4. Air panas (untuk meleburkan bahan saat pembuatan biopelet)

Alat utama yang digunakan antara lain:

1. Reaktor Torrefaksi (untuk pemanasan sekam padi)
2. Mesin Press Cetak (untuk pencetakan biopelet dengan cetakan silinder berdiameter 10 mm dan panjang 25 mm)
3. Oven (untuk pengeringan biopelet)
4. Timbangan Digital (untuk penimbangan bahan secara akurat)
5. Thermokopel (untuk memonitor temperatur selama proses)
6. Bomb Calorimeter (untuk pengukuran nilai kalor)

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas
 - a. Proses torrefaksi (temperatur 300°C selama 30 menit)
 - b. Ukuran partikel sekam padi (60 mesh dan 80 mesh)
 - c. Jumlah zeolit alam (variabel, misalnya 0 g hingga 7,5 g)
 - d. Jumlah tepung tapioka (tetap, 7,5 g)
2. Variabel Terikat
 - a. Kadar air biopelet (diukur dengan metode gravimetri)
 - b. Nilai kalor biopelet (diukur dengan bomb calorimeter)
3. Variabel Tetap
 - a. Kondisi awal sekam padi (kualitas bahan baku)
 - b. Dimensi cetakan biopelet (diameter 10 mm dan panjang 25 mm)
 - c. Kondisi reaktor torrefaksi (atmosfer inert)

Prosedur Penelitian

Pada tahap perancangan biopelet, eksperimen dirancang dengan menentukan komposisi bahan untuk setiap sampel berdasarkan studi literatur, sehingga setiap formulasi berbeda dapat menguji pengaruh variasi campuran terhadap mutu produk. Selanjutnya, pada tahap preparasi pelet, sekam padi yang dikumpulkan dicuci untuk menghilangkan kotoran, kemudian dijemur, ditumbuk, dan diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang diinginkan (60 atau 80 mesh). Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur dengan tepung tapioka sebagai perekat dan ditambahkan variasi jumlah zeolit sebelum dicetak menggunakan mesin press.

Pada tahap preparasi sekam padi, sekam padi dari penggilingan dicuci dan direndam dalam air panas selama satu jam untuk menghilangkan senyawa serta kotoran, kemudian dijemur dan disortir berdasarkan ukuran partikel. Untuk meningkatkan pengolahan biomassa, dilakukan ekstraksi silika dengan metode sol-gel, yaitu dengan menimbang 200 g sekam padi kering, merendamnya dalam pelarut KOH dan dipanaskan mendidih selama 30 menit, kemudian didinginkan hingga 25°C selama 12 jam, disaring untuk mendapatkan filtrat silika, ditambahkan asap cair secara bertahap hingga terbentuk gel pada pH netral, dan selanjutnya dikeringkan pada oven 80°C selama dua hari serta digiling hingga halus.

Tahap pengeringan biopelet dilakukan dengan menjemur produk yang telah dicetak selama lima hari di bawah sinar matahari dan kemudian mengeringkannya ulang dalam oven pada 105°C selama empat

jam hingga tercapai berat konstan. Terakhir, pada tahap torrefaksi, sekam padi yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam reaktor, dimana suhu dinaikkan secara bertahap dari 200°C hingga 300°C, lalu dipertahankan selama 30 menit dalam atmosfer inert (misalnya dengan nitrogen) untuk mencegah pembakaran total. Proses torrefaksi diakhiri dengan pendinginan cepat guna menghentikan reaksi dan menjaga kualitas produk biopelet.

Prosedur Pengujian

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan metode oven (gravimetri), di mana sampel biopelet ditimbang dalam kondisi basah sebelum dikeringkan dalam oven pada suhu 300°C hingga beratnya mencapai kondisi konstan. Setelah proses pengeringan selesai, selisih antara berat awal (a) dan berat akhir (b) digunakan untuk menentukan kadar air dalam biopelet. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa kandungan air dalam biopelet telah berkurang secara optimal sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan stabilitas penyimpanan. Kadar air dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a - b}{b} \times 100\%$$

Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menggunakan bomb calorimeter, yang berfungsi untuk mengukur jumlah energi panas yang dilepaskan saat biopelet dibakar secara sempurna dalam kondisi kelebihan oksigen. Dalam pengujian ini, perubahan temperatur yang terjadi selama pembakaran dicatat dan dianalisis untuk menentukan jumlah energi yang tersimpan dalam biopelet. Nilai kalor yang diperoleh digunakan sebagai indikator kualitas biopelet sebagai bahan bakar alternatif, dengan semakin tinggi nilai kalor menunjukkan semakin besar energi yang dapat dihasilkan saat biopelet digunakan.

Hasil dan Pembahasan

Kadar Air

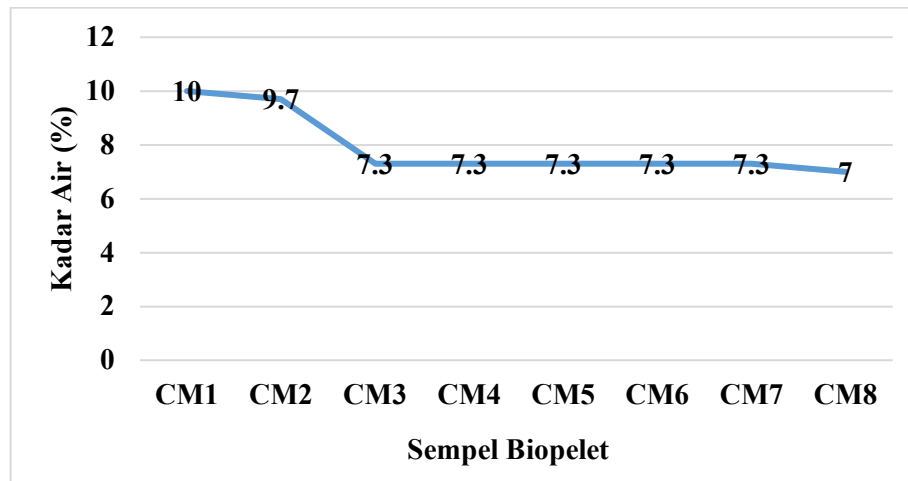
Untuk mengetahui tingkat kelembapan yang tersisa dalam biopelet setelah melalui proses torrefaksi, dilakukan pengujian kadar air menggunakan metode oven (gravimetri). Hasil pengujian kadar air ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Air

No.	Sample	Kadar Air (%)
1	CM1	10
2	CM2	9,7
3	CM3	7,3
4	CM4	7,3
5	CM5	7,3
6	CM6	7,3
7	CM7	7,3
8	CM8	7

Berdasarkan data hasil pengujian dalam table 1, terlihat bahwa kadar air pada biopelet mengalami variasi bergantung pada ukuran partikel sekam padi dan keberadaan zeolit dalam campuran. Sampel CM1, yang terdiri dari sekam padi mesh 60 tanpa zeolit, memiliki kadar air tertinggi sebesar 10%. Sementara itu, sampel CM8, yang mengandung zeolit 7,5g, menunjukkan kadar air terendah sebesar 7%.

Untuk memperjelas perbandingan kadar air antar sampel, grafik berikut menggambarkan variasi kadar air berdasarkan komposisi bahan yang digunakan:



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Kadar Air

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, dapat diamati bahwa sampel dengan kandungan zeolit tertinggi memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel lainnya. Zeolit berperan dalam menyerap kelembapan, sehingga meningkatkan stabilitas penyimpanan biopellet dan efisiensi pembakaran. Dengan kadar air yang lebih rendah, biopellet dapat menghasilkan energi yang lebih optimal tanpa kehilangan panas akibat penguapan air yang berlebihan saat pembakaran.

Nilai Kalor

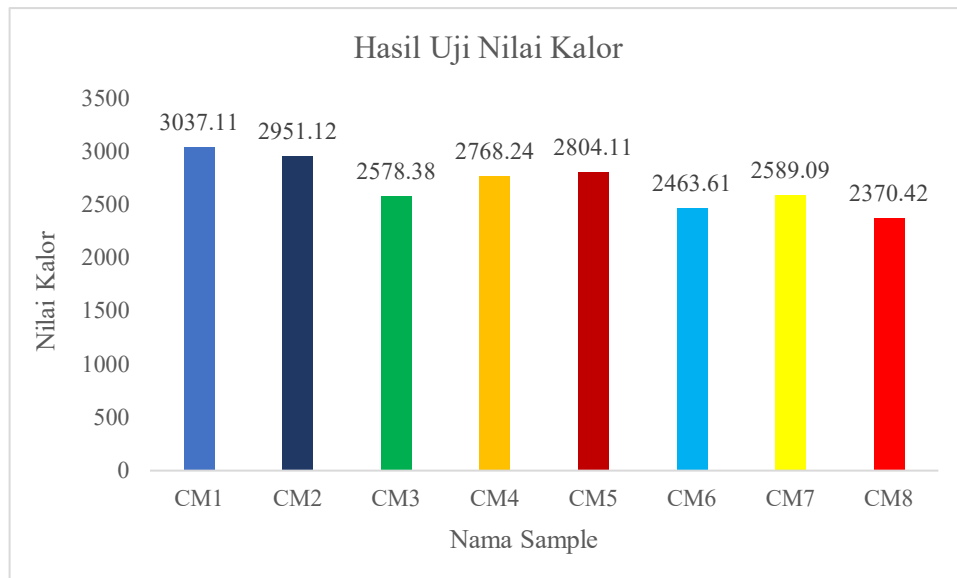
Nilai kalor biopellet diuji menggunakan bomb calorimeter untuk menentukan jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran. Hasil pengujian nilai kalor untuk setiap sampel biopellet ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Nilai Kalor

No.	Sample	Nilai Kalor (Cal/g)
1	CM1	3037,11
2	CM2	2951,12
3	CM3	2578,38
4	CM4	2768,24
5	CM5	2804,11
6	CM6	2463,61
7	CM7	2589,09
8	CM8	2370,42

Berdasarkan data hasil pengujian dalam table 2, terlihat bahwa sampel dengan kandungan zeolit lebih tinggi cenderung memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan dengan sampel tanpa zeolit. Sampel CM1, yang terdiri dari sekam padi mesh 60 tanpa zeolit, mencatat nilai kalor tertinggi, sedangkan CM8, dengan kandungan zeolit 7,5 g, menunjukkan nilai kalor terendah.

Untuk memvisualisasikan perbandingan nilai kalor antar sampel, grafik berikut menunjukkan variasi energi yang dihasilkan berdasarkan komposisi bahan yang digunakan:



Gambar 2. Grafik hasil pengujian nilai kalor

Grafik menunjukkan bahwa peningkatan jumlah zeolit dalam biopelet berkontribusi terhadap penurunan nilai kalor. Hal ini dapat dikaitkan dengan perubahan struktur porositas dan densitas energi dalam biopelet, yang menyebabkan jumlah energi yang dilepaskan selama pembakaran menjadi lebih rendah. Meskipun terjadi penurunan nilai kalor, biopelet dengan kandungan zeolit tetap memiliki keuntungan dalam hal kestabilan fisik serta pengurangan kelembapan, yang berpotensi meningkatkan durasi pembakaran dan efisiensi bahan bakar dalam aplikasi jangka panjang

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa proses torrefaksi pada temperatur 300°C memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas biopelet yang dihasilkan dari sekam padi. Penurunan kadar air yang terjadi menunjukkan bahwa perlakuan termal ini mampu mengurangi kelembapan dalam biomassa, yang berimplikasi pada peningkatan stabilitas penyimpanan dan efisiensi pembakaran biopelet. Selain itu, penambahan zeolit dalam formulasi biopelet memberikan kontribusi terhadap sifat fisik dan kimia produk akhir, meskipun menunjukkan penurunan nilai kalor seiring dengan meningkatnya kandungan zeolit. Perubahan struktur porositas akibat penambahan zeolit mengindikasikan bahwa faktor ini perlu diperhatikan dalam upaya optimasi komposisi biopelet untuk mencapai keseimbangan antara kestabilan fisik dan kapasitas energi yang dihasilkan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan bagi pengembangan biopelet berbasis sekam padi sebagai bahan bakar alternatif yang lebih efisien, dengan pertimbangan terhadap parameter proses yang dapat dioptimalkan untuk meningkatkan performa pembakaran dan keberlanjutan energi terbarukan.

Daftar Pustaka

- [1] N. Afrianah *et al.*, "Pengaruh Temperatur Karbonisasi Terhadap Karakteristik Briket Berbasis Arang Sekam Padi Dan Tempurung Kelapa," *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 9, no. 2, pp. 138–147, 2023, doi: 10.24252/jft.v9i2.25566.
- [2] N. Yuliza, N. Nazir, and M. Djalal, "Pengaruh Komposisi Arang Sekam Padi dan Arang Kulit Biji Jarak Pagar Terhadap Mutu Briket Arang," *J. Litbang Ind.*, vol. 3, no. 1, p. 21, 2013, doi: 10.24960/jli.v3i1.617.21-30.
- [3] L. Rahmawati, R. Stiyabudi, and L. Agustiani, "Pembakaran Biobriket Dari Limbah Penggilingan Padi (Sekam)," pp. 1–11, 2009.
- [4] T. Industri, P. Fakultas, I. Pangan, H. Universitas, and D. Bogor, "Karakteristik Biopelet dari Serbuk Kayu dan Sekam Padi Characteristics of Biopellets from Wood Powder and Rice Husk Istaniah," vol. 10, pp. 262–272, 2024.

- [5] S. M. Rahayu, “Penyuluhan Pemanfaatan Sampah Daun dan Limbah Pertanian Menjadi Briket Biorang sebagai Sumber Energi Terbaru Ramah Lingkungan,” *J. Abdidas*, vol. 2, no. 4, pp. 936–943, 2021, doi: 10.31004/abdidas.v2i4.396.
- [6] D. Rika Widianita, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- [7] A. Sugiharto and Z. ‘Ilma Firdaus, “Pembuatan Briket Ampas Tebu Dan Sekam Padi Menggunakan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif,” *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 6, no. 1, pp. 17–22, 2021, doi: 10.31942/inteka.v6i1.4449.
- [8] Junianto Seno Tangke Allo, Andri Setiawan, and Ari Susandy Sanjaya, “Pemanfaatan Sekam Padi Untuk Pembuatan Biobriket Menggunakan Metode Pirolisa Utilization of Rice Husk for Making Biobriquette Using Pyrolysis Method,” *J. Chemurg.*, vol. 02, no. 1, pp. 17–23, 2018.
- [9] T. Tarsito, H. Sutanto, and Mahendrajaya, “Pengaruh Variasi Komposisi Briket Organik Terhadap Temperatur Dan Waktu Pembakaran,” *Berk. Fis.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–26, 2013.
- [10] S. S. Dahdah, “Pemanfaatan Sekam Padi Menjadi Briket Sebagai Energi Alternatif Studi Kasus Desa Wotansari – Balong Panggang,” *DedikasiMU(Journal Community Serv.*, vol. 2, no. 1, p. 180, 2020, doi: 10.30587/dedikasimu.v2i1.1202.
- [11] D. D. Firmansyah, M. H. Bahri, and A. Abidin, “Analisis Karakteristik Nilai Kalor Biopellet Sekam Padi , dan Tepung Tapioka sebagai Perikat dengan Variasi Zat Aditif Zeolit Alam,” vol. 3, no. 1, pp. 406–412, 2024.
- [12] O. Alfernando, Lince Muis, Siti Junaida, Malem K. Ginting, and Muhammad Haviz, “Analisis Pengaruh Waktu Torefaksi Terhadap Kualitas Biobriket dari Cangkang Kelapa Sawit (Palm Oil Shell),” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 21, no. 2, pp. 181–190, 2023, doi: 10.55893/jt.vol21no2.449.
- [13] Chuchita *et al.*, “Proses Torefaksi Dengan Metode Batch Untuk Meningkatkan Nilai Kalor Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *BOHR J. Cendekia Kim.*, vol. 01, no. 01, pp. 1–11, 2022.
- [14] S. Siahaan, M. Hutapea, and R. Hasibuan, “Penentuan kondisi optimum suhu dan waktu karbonisasi pada pembuatan arang dari sekam padi,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 1, pp. 26–30, 2013.
- [15] E. Kurniawan, A. Muarif, and K. A. Siregar, “Pemanfaatan Sekam Padi dan Cangkang Sawit Sebagai Bahan Baku Briket Arang dengan Menggunakan Perikat Tepung Kanji,” *Semin. Nas. Pengabd. Masy. LPPM UMJ*, pp. 1–9, 2022.